



---

---

## ГЛАВА ПЕРВАЯ

### ЧТО ТАКОЕ СТАТИСТИКА

#### Как Менделеев раскрыл секрет французского бездымного пороха

— **П**очему же Менделееву это было позволено, а мне нельзя? Я ведь тоже действительный статский советник, — спрашивал один настойчивый штатский генерал у высокопоставленной особы, добиваясь отступления от буквы закона в свою пользу.

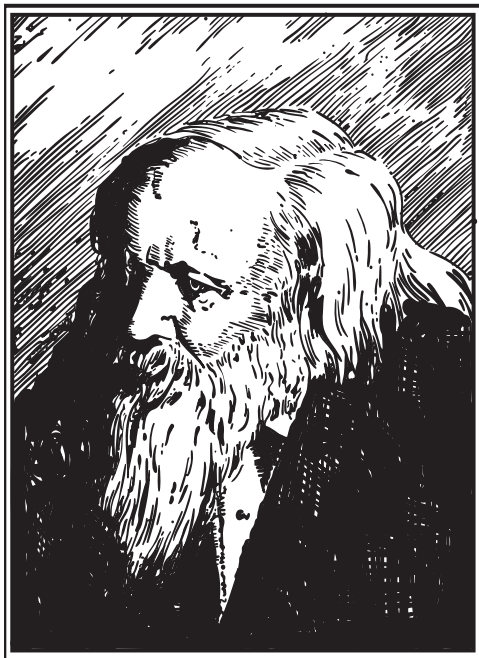
— Да ведь таких генералов, как вы, в России много, а Менделеев-то только один, — последовал ответ.

И вот этому единственному в своем роде «генералу» от химии царское правительство поручает в 90-х годах ответственную задачу: проработать вопрос о подходящем для русской армии бездымном порохе. Менделеева посылают за границу с секретным заданием: выяснить, какого рода бездымный порох применяется за границей. Свое поручение Д. И. Менделеев выполнил также единственным в своем роде способом — при помощи... статистики!

Во Франции и в учреждениях военного ведомства, и на заводе, изготовлявшем порох, Менделеев встречает в высшей степени предупредительный прием. Дмитрию Ивановичу показывают патроны, позволяют держать в руках, рассматривать.

— О, сколько угодно, пожалуйста!..

— Нельзя ли взять с собою несколько патронов? — спросил Дмитрий Иванович, видя как любезен его спутник, офицер генерального штаба.



Д. И. Менделеев

(К предстоящему столетию со дня его рождения — 27 января 1834 года)  
Знаменитый химик, труды которого пользуются мировой известностью.

— О, да, конечно, сколько угодно, — немедленно отвечал тот. — Но только...

— Что только? — насторожился Менделеев.

— Мне «придется» застрелиться, — отвечает офицер.

— Как так?

— Я говорю совершенно серьезно, — объясняет офицер. — Я, конечно, не могу отказать вам, уважаемый профессор, в вашей просьбе, но за раскрытие нашей военной тайны мне придется пустить себе пулю в лоб.

Менделееву оставалось лишь одно: самостоятельно раскрывать столь оберегаемую тайну.

Задача стояла так. Главная проблема в изготовлении бездымного пороха заключалась не в том, чтобы установить его составные

части — они были хорошо известны. Вопрос касался лишь числовых пропорций, в которых соединялись составные части, особенно эфир и пироколлодий.

Поразмыслив, наш ученый заметил, что основной военной пороховой завод Франции расположен не на главной железнодорожной линии, но на глухой ветке, которая обслуживала полностью этот завод.

Менделеев берет статистические отчеты железных дорог Франции и погружается в их изучение.

Он делает простое предположение: запасов химического сырья на заводе не образуется. Годовой подвоз *в среднем* целиком идет в производство. Следовательно, оставалось подсчитать, сколько перевозится за год по заводской железнодорожной ветке:

- эфира,
- серной кислоты,
- азотной кислоты,
- хлопка.

Сделав необходимые подсчеты, Менделеев выводит, наконец, необходимое для его задачи числовое отношение эфира к пироколлодию.

Задача решена, и Менделеев возвращается, подсмеиваясь добродушно, в Россию, где успешно заканчивает свою работу.

## Всё ли на свете можно сосчитать?

Можно ли сосчитать, сколько капель воды в океане, сколько на небе звезд, сколько на берегу моря песчинок?

Как раз этими вопросами суровый король Дон-Педро испытывает остроумие мальчика-пастуха в известном стихотворении Майкова.

«Вот, — сказал король, — вопросы:  
Разрешить — возьму в пажи!  
Много ль капель в синем море?  
Посчитай-ка да скажи!»  
— «Я сочту, — ответил мальчик, —  
Счет не долог, не тяжел;  
Но пока считать я буду,

Повели, чтоб дождь не шел».  
— «Ну а много ль звезд на небе?»  
И философ не смутясь:  
— «Повели сойти им с неба,  
Я тогда сочту как раз».

Находчивый пастушок поставил королю столько ограничительных условий, что тому пришлось отказаться от своих вопросов.



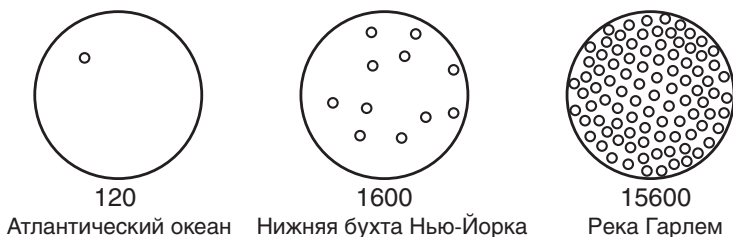
Но как обстоит дело с действительной статистикой и ее вопросами? Встречает ли она где-нибудь пределы? Где и какие?

Спросим себя:

1. Имеют ли предел наши арифметические способности? Хватит ли чисел, чтобы ими охватить беспредельно большие величины, например, чтобы сосчитать звезды?
2. Ставит ли нашим числам какие-нибудь пределы сама природа вещей? Всё ли на свете можно сосчитать или измерить?
3. Есть ли область, в которой не стоит считать, где счет становится бессмысленным, так как не приводит ни к каким интересным результатам?

На все эти вопросы ответ будет таков:

Пределы статистики существуют, но это пределы наших способностей, наших знаний, техники, умения поставить вопрос. Пределы эти временные. Практика и наука, жизнь и теория непрерывно и бесконечно их расширяют.



**Рис. 3.** Бактерии, содержащиеся в воде нью-йоркского порта. Число бактерий в одном кубическом сантиметре воды. Большинство людей имеет столь слабое представление о бактериях, что для них будет пустым звуком услышать, что каждый кубический сантиметр воды в реке Гарлем, протекающей в черте города Нью-Йорка, содержит 15 600 бактерий. Однако довольно одного беглого взгляда на рисунок, чтобы убедиться, что эта река далеко не идеальное место для купанья.

Дикарь не умеет считать, не может сосчитать, он и не знает, зачем считать. Как ребенок, не научившийся считать, не ответит числом на вопрос, сколько у него кукол, но подробно опишет все свои куклы, — так и эскимосы Гренландии, по словам путешественника Парри, не могут правильно сосчитать своих детей, если их больше трех. Они отличают похожие предметы не отвлеченными числами первый, второй, третий, но названием, индивидуальным связанным с каждым пересчитываемым предметом. Не общее число своих собак держит в памяти эскимос, но отдельные представления о белой собаке с черными крапинками, о собаке, родившейся в голодную зиму, и т. п. Поэтому пересчитывание является для дикаря операцией трудной, тяжелой, после которой дикарь сейчас же начинает жаловаться на боль в голове.

Комический разговор о пределах счетных способностей встречаем у Островского, в одной из его комедий.

— Ну а как на счет состояния? — интересуется невестой Бальзамина.

Красавина (*сваха*). Сверх границ. Одних только денег и билетов мы две считали-считали, счесть не могли, так и бросили. Да я так думаю, что не то что нам, бабам, а и мужчинам, если двух хороших взять, и то не счесть.

Бальзамина. Как же это не счесть?

Красавина. Так вот и не счесть. Посчитают, посчитают и бросят. Ты думаешь, считать-то легко? Это, матушка, всем вам кажет-

ся, у кого денег нет. А поди-ка попробуй! Нет, матушка, счет мудреное дело. И чиновники-то, которые при этом приставлены, и те, кто до сколько умеет, до столько и считает: потому у них и чины разные. Твой Михайла до сколько умеет?

Бальзаминава. Да я думаю, сколько ни дай, все сочтет.

Красавина. Ну, где ему. Тысяч до десяти сочтет, а больше не сумеет. А то вот еще какие оказии бывают, ты знаешь ли? Что-то строили, уж я не припомню, так архитекторы считали, считали, цифирю не хватило.

Бальзаминава. Может ли это быть?

Красавина. Верно тебе говорю. Так что же придумали: до которых пор сочтут, это запишут, да опять цифирь-то сначала и оборотят. Вот как! Так что ж тут мудреного, что мы денег не сочли?

Можно вспомнить поэтическую картину Эсхила, который в своей бессмертной трагедии «Прикованный Прометей» так передает предание об изобретении числа:

«Послушайте, что смертным сделал я... — говорит Прометей.  
Число изобрел им я  
И буквы научил соединять,  
Им память дал, мать муз, всему причину».

Если уж говорить о заслугах отдельных личностей, то, конечно, безграничные возможности числа нам открыл гениальный Архимед в своем сочинении «Псамитт или Исчисление песчинок».

### Сколько песчинок в мире

Вот как излагает свою задачу Архимед:

«Некоторые люди воображают, что число песчинок бесконечно велико. Я говорю не о песке, находящемся в Сиракузах\* или во всей Сицилии, но о песке всей суши, как обитаемой, так и необитаемой. Другие признают это число, правда, не неограниченным, но всё же думают, что оно больше всякого задуманного числа. Если бы эти люди представили себе кучу песка величиной с земной шар, причем этим песком были бы покрыты все моря и все углубления до вершины высочайших гор, то, конечно, эти люди тем более были бы склонны принять, что нет числа, превосходящего число песчинок в этой куче.

---

\* Сиракузы, город в Сицилии, где жил Архимед.

Я, однако, приведу доказательства, что можно назвать некоторые числа, не только превосходящие число песчинок в куче, равной земному шару, но даже число песчинок в куче, равной всей вселенной.

Ты знаешь, что большинство астрономов понимают под вселенной шар, центр которого совпадает с центром Земли, а радиусом которого является расстояние между центром Солнца и центром Земли. Аристарх Самосский издал книгу, в которой предполагает, что вселенная во много раз больше и включает все неподвижные звезды.

Я утверждаю, что если бы существовала песочная куча даже величиной в Аристархову звездную сферу, то и в этом случае я могу привести число, превышающее число песчинок даже в такой воображаемой сфере».

Архимед принял, что 10 000 песчинок образуют по объему маковое зерно, 40 маковых зерен, расположенных рядом в одну линию, достигают ширины пальца (одного дюйма).

Теперь Архимеду было уже легко определить число песчинок, содержащихся во всей вселенной. Для этого нужно было лишь определить по известным Архимеду формулам величину радиуса вселенной. Этот радиус Архимед принял равным 10 000 миллионам стадий\*.

Этим заканчивалась для Архимеда астрономическая задача. Но современной числовой системы Архимед не знал. Тогда надо было ее еще создать. Это и было истинной целью сочинения Архимеда.

Проследим за его построением числовой системы. Наибольшее число, имевшее у греков особое название, было 10 000. Они называли его «мириадой». Все числа до мириады мириад (следовательно, до  $10\,000 \times 10\,000 = 100\,000\,000$ ) Архимед назвал числами первого порядка; числа от мириады мириад до  $100\,000\,000 \times 100\,000\,000$  — числами второго порядка; числа от  $100\,000\,000 \times 100\,000\,000$  до  $100\,000\,000 \times 100\,000\,000 \times 100\,000\,000$  — числами третьего порядка и т. д. Так он добирается до числа 100 000 000-ного порядка, или мириадо-мириадного порядка. Это число в десятичной системе

---

\* Стадия приблизительно была равна 185 метрам.



изображается цифрой 1 и 800 000 000 нулей; обозначим это число буквой  $P$ . Далее Архимед называет от 1 до  $P$  числами первого периода. Числа от  $P$  до  $100\,000\,000\,P$  образуют совокупность чисел первого порядка второго периода; затем он приходит к числам второго порядка второго периода и т. д., до  $100\,000\,000$ -ного порядка второго периода. Потом он приступает к образованию третьего периода. Так можно образовать числа четвертого периода, пятого периода и т. д. Наконец, он приходит к числам  $100\,000\,000$ -ного периода, т. е. мириадо-мириадного периода, и доходит в нем до мириады мириад единиц мириадо-мириадного порядка мириадо-мириадного периода. В наших знаках это число изображается цифрой 1 с 80 000 миллиардов нулей. Это поистине числовой исполин, превосходящий всякое воображение!

Архимеду не нужен был бы столь сложный числовой аппарат, если бы он не поставил себе целью построение числовой системы. Чтобы ответить на поставленный им вопрос, достаточно было несравненно меньшего числа.

Сфера вселенной Аристарха (сфера неподвижных звезд) относится к сфере вселенной как  $10^{12} : 1$ , а стало быть, она содержит песчинок менее 1000 мириад единиц восьмого порядка:

$$1000 \times 10^4 \times 10^{8 \cdot 7} = 10^{63}.$$

Современные методы расчетов позволяют точнее пересмотреть все расчеты Архимеда.

Сообщим для этого читателю, что размеры величины зерен тончайших земель (менее 2 мм в диаметре, в отличие от грубых земель) таковы:

грубый песок имеет зерна диаметром от 2 до 0,2 мм	
тонкий песок	— 0,2–0,1 мм
песчаная пыль	— 0,1–0,05 мм
пыль	— 0,05–0,01 мм
мельчайшие частички глины	— менее 0,01 мм

О размерах так называемого радиуса вселенной можно прочесть в «Занимательной астрономии» Я. И. Перельмана («Где границы мира?»). По де Ситтеру радиус мира равен 27 миллионам «килопарсекам» или 86 000 000 000 световых лет.

Мы видим воочию, что наука не знает никаких абсолютных пределов для своих методов. Техника открывает ей каждый день новые средства для решения таких задач, которые вчера еще казались невозможными.

Заметим, что в «исчислении песчинок» Архимеда речь шла не о *сосчитывании* песчинок, но об *исчислении* их числа. В основе этого исчисления лежит, однако, как и в других случаях статистического исчисления, ряд предпосылок, по крайней мере одна из которых основана на действительном сосчитывании и на измерении. Исчисление, в отличие от *учета*, всегда гипотетично, предположительно.

### Прибор для счета песка

Возможность сосчитать зерна песка имеет большое значение при изучении различных осадений. Прежде счет песчинок выполнялся в таких случаях невооруженным глазом или через микроскоп. Легко понять, сколько терпения и времени требовалось для такой работы.

В 1932 году американец Аппель предложил простой прибор для счета песчинок.

Прибор состоит из медной трубки (a) диаметром примерно  $1\frac{1}{4}$  см. Небольшое медное «сопло» (e) позволяет легко присоединять прибор к резиновой трубке. На другом конце устроена воронкообразная медная чашечка (b). При помощи липкого кольца (c) к чашечке прикрепляется тонкая медная пластинка (d). В этой пластинке имеется определенное число ма-

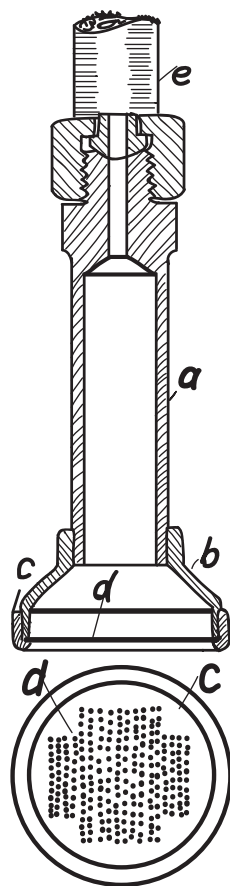


Рис. 4. Прибор для счета песка. Описание его см. в тексте. Внизу изображена нижняя пластинка прибора. Нетрудно сосчитать, что в ней имеется 525 отверстий.

леньких отверстий. Их диаметр немного меньше по размеру, чем диаметр тех песчинок, которые надо считать.

Прибор присоединяется к трубе воздушного насоса. Теперь прибор готов к работе.

Пластинка прибора приводится в соприкосновение с песком, причем к каждой дырочке притягивается по одной песчинке, удерживаемой насасывающим действием. Если к какой-либо дырочке пристанет две песчинки, их можно удалить при помощи иглы или мягкой кисточки. Наибольшая ошибка прибора менее 2 %. Для того чтобы сосчитать 10 000 песчинок, этот прибор требует всего около 1 часа времени.

Для песчинок разного размера диаметр отверстий в пластинке соответственно изменяется.

### Сколько на небе звезд?\*

Небесный свод, по первому впечатлению, усеян бесчисленным количеством звезд. Нередко число звезд служит символом бесконечного множества.

Однако такое впечатление обманчиво. Пересчитать звезды, которые можно различить на небе простым глазом, не так трудно. Это не раз уже было сделано.

Оказалось, что на всем небе можно видеть при нормальном зрении от пяти до шести тысяч звезд. При очень остром зрении и в исключительных атмосферных условиях невооруженным глазом удавалось различать до 10–12 тысяч звезд.

Если же применять астрономические инструменты, то число видимых звезд быстро возрастает. Уже в хороший бинокль их видно свыше ста тысяч. В могучие же телескопы, особенно с применением астрономической фотографии, число видимых звезд увеличивается буквально беспредельно.

По отдельным классам величин число звезд выражается приблизительно следующими цифрами:

---

\* По Стратонову «Звезды», 1917 г.

## Сколько на небе звезд?

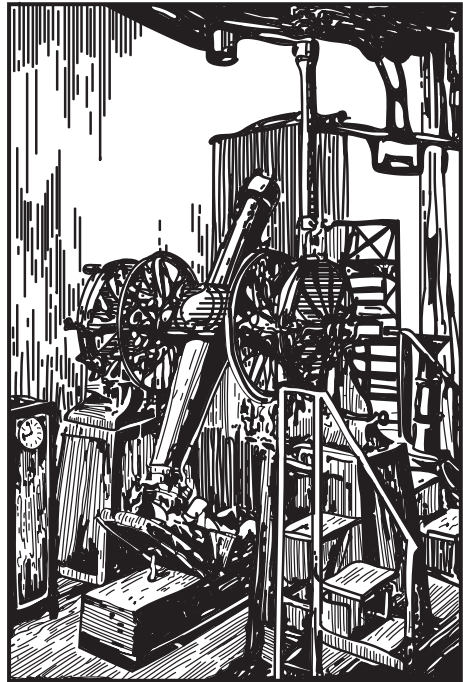
Класс величины	Число звезд	Класс величины	Число звезд
1	20	6	4 000
2	60	7	16 500
3	170	8	55 000
4	400	9	300 000
5	1100	и так далее	

Чем выше класс величины, тем приведенные цифры становятся менее точными. Для 19-й величины звезд различные исследования дают 2 208 000 000 звезд и 144 000 000 звезд.

Поэтому при современном состоянии науки не представляется возможным говорить об общем числе звезд, существующих во вселенной. Прежде всего, пределы звездной вселенной не достигнуты, и мы во всех направлениях наблюдаем беспрерывное увеличение числа звезд по мере того, как совершенствуются приемы наблюдения. Но даже в доступных нам пределах мы еще не могли разобраться надлежащим образом.

Тем не менее составление *списков* или *рописей* звезд, так называемых звездных каталогов, является одной из главных и необходимых задач практической астрономии.

В обыкновенных каталогах приводятся астрономические координаты



**Рис. 5.** Меридианный круг. Инструмент, обычно применяемый для наблюдения звезд при составлении каталогов.

звезд («склонение» и «прямое восхождение»), а также и величины звезд; в каталогах более специальных приводятся и другие данные: сведения о спектрах звезд, об их движении и т. п.

Одни каталоги преследуют главным образом точность в определении астрономических координат и за полнотой не гонятся. Каталоги другого рода, наоборот, имеют целью по преимуществу полноту звезд. Они обнимают иногда громадное их количество. Каталоги этого рода особенно важны для тех, кто интересуется строением вселенной. Таков каталог Аргеландера, законченный в 1862 году; в нем дано положение 324 198 звезд до 9-й величины (северного неба). Новый каталог уже всего неба был составлен при помощи фотографии. Он закончен в 1900 году и включает в себя 454 875 звезд до 10-й величины.

Вот что писал о составлении современного звездного каталога известный астроном Стратонов:

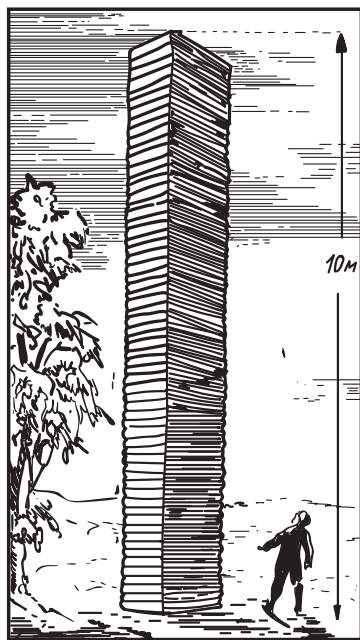


Рис. 6

«На международной астрономической конференции в Париже в 1887 году было решено, при участии 18 обсерваторий, разбросанных по всему земному шару, сфотографировать всё небо. Фотографии должны доставить очень точный каталог всех звезд до 11–12-й величины. Действительное число таких звезд наперед, конечно, неизвестно, но предполагают, что их должно быть около 5 миллионов. Вторая же серия должна послужить для составления атласа неба, включающего в себя звезды до 14-го класса, вероятно, в числе нескольких десятков миллионов.

По этим цифрам можно судить, какое колоссальное значение для наших знаний о вселенной будет со временем иметь

осуществление этого предприятия, в особенности если оно будет повторено лет через пятьдесят или через сто. Таким путем выяснится в будущем жизнь громадной части организма вселенной. Потомство будет, вероятно, признательно нашей эпохе за этот труд. Однако из наших современников никому, вероятно, не суждено познакомиться с плодами этого труда.

Работа находится в полном ходу. Некоторая часть ее уже опубликована. Результаты измерений будут отпечатаны почти в трехстах томах большого формата. Атлас же можно будет уложить в виде колонны из отдельных листов большого формата ( $43 \times 56$  см) высотой почти в 10 метров» (рис. 6).

## Звездная статистика и строение вселенной

— К чему же вся эта звездная статистика? — может спросить нетерпеливый читатель.

Исследование строения вселенной, выполненное нашим соотечественником проф. В. В. Стратоновым, легко позволит удовлетворить этот вопрос.

В качестве материала В. В. Стратонову послужили оба боннских каталога и фотографический каталог мыса Доброй Надежды, всего в числе около 900 000 звезд.

За основание исследования был принят тот принцип, что видимая яркость всех звезд *в среднем* одинакова и что, следовательно, величина звезд вообще служит указателем их расстояния, *поскольку это касается большего числа звезд*. Этот принцип очень спорен, если применять его к отдельным звездам, но более надежен в применении к значительному числу их.

Стратонов разделил вселенную в ее части, ограниченной звездами 9,5 величины, на отдельные слои и изучал распределение звезд в каждом из таких слоев порознь. Такой же приблизительно прием применяется и натуралистами, когда они исследуют под микроскопом какое-либо тело по отдельно срезываемым его частям.

Разделить вселенную на слои было возможно единственно на основании видимых звездных величин. Так были исследованы

сначала сфера, включающая в себя яркие звезды, а затем ряд последовательных сферических слоев (рис. 7).

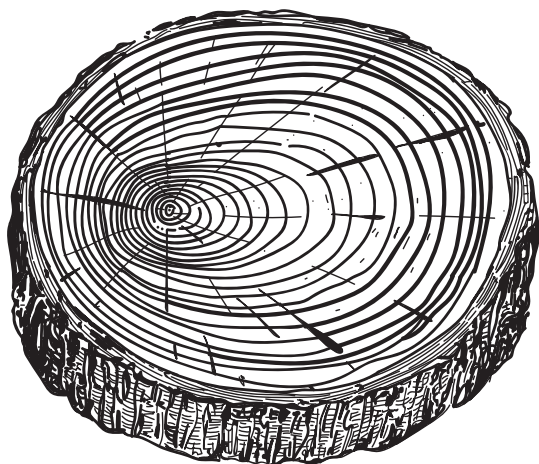


Рис. 7

Как первая сфера, так и все последовательные слои были разделены каждый на 1800 отдельных элементов. В каждом таком элементе была определена «звездная плотность», т. е. количество звезд, приходящихся на один квадратный градус.

Так как основной целью работы было установить общие черты в распределении звезд, а не детали каждого отдельного элемента пространства, то все «звездные плотности» были уравнены таким образом, что для каждого элемента выводилось среднее значение из его собственной плотности и из плотности всех смежных элементов.

При помощи только числовых таблиц мы не могли бы достаточно наглядно представить полученные результаты. Поэтому они были изображены на ряде отдельных карт неба. Эти карты в общем составили два атласа.

Если рассматривать серии таких карт — одну за другой, — установив их на соответственное расстояние друг от друга, то мы наглядно увидим способ распределения звезд в последовательных отрезках вселенной.